

PAT-NO: JP02003173638A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003173638 A
TITLE: DISK STORAGE DEVICE AND MOTOR CONTROLLING
METHOD
PUBN-DATE: June 20, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SAKAMOTO, NORIYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP2001367819

APPL-DATE: November 30, 2001

INT-CL (IPC): G11B021/02, G11B019/28 , G11B021/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a disk storage device provided with functions of normally driving a spindle motor in a disk drive in low-temperature environment and suppressing the increase of power consumption at a low temperature.

SOLUTION: The disk drive provided with the spindle motor (SPM) 3 using a liquid bearing motor is disclosed. In the case of detecting the increase of the current consumption of the SPM 3 compared with a regulated value from a current sensor 30, a CPU 10 controls current to supply to a voice coil motor 5 to be within the range of a prescribed maximum current capacity.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-173638

(P2003-173638A)

(43) 公開日 平成15年6月20日 (2003.6.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 1 1 B 21/02	6 3 2	G 1 1 B 21/02	6 3 2 Q 5 D 0 6 8
19/28		19/28	B 5 D 0 8 8
21/08		21/08	Y 5 D 1 0 9

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-367819(P2001-367819)

(22) 出願日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 坂本 宣幸

東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会
社東芝青梅工場内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

Fターム(参考) 5D068 AA01 BB01 CC12 EE13 GG25

5D088 MM08

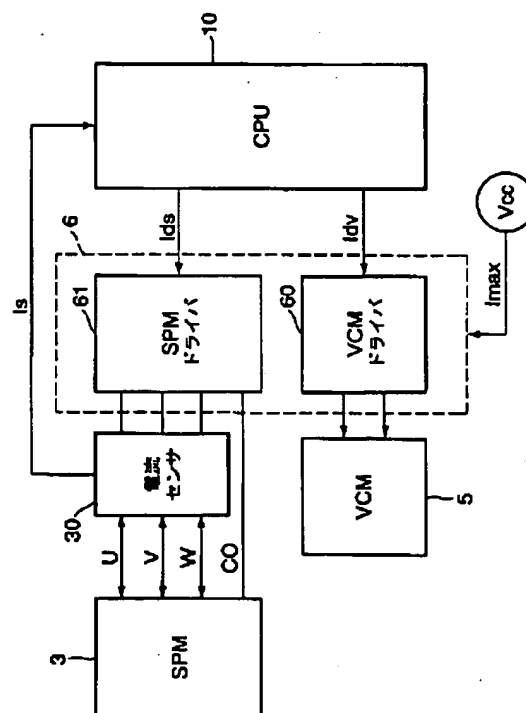
5D109 KA20

(54) 【発明の名称】 ディスク記憶装置及びモータ制御方法

(57) 【要約】

【課題】低温環境下でのディスクドライブにおいて、当該スピンドルモータを正常に駆動し、かつ低温時での消費電力の増大化を抑制できる機能を備えたディスク記憶装置を提供できる。

【解決手段】流体軸受式モータを使用するスピンドルモータ3を備えたディスクドライブが開示されている。CPU 10は、電流センサ30からSPM3の消費電流が規定値より増大したことを検知すると、ボイスコイルモータ5に供給する電流を所定の最大電流容量の範囲内に制限するように制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスク媒体を回転させるスピンドルモータと、

前記ディスク媒体上で、データのリード/ライトを行うためのヘッドを搭載したアクチュエータを駆動させるアクチュエータ用モータと、

第1の電流量を供給して、定格回転数で前記スピンドルモータを駆動するスピンドルモータ駆動手段と、

前記第1の電流量の増加に応じて、当該第1の電流量を含む所定の最大電流容量の範囲で、前記アクチュエータ用モータの駆動用として供給する第2の電流量を制限するように制御する制御手段とを具備したことを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項2】 前記制御手段は、

前記スピンドルモータの消費電流値を検出する電流検出手段を有し、

前記電流検出手段からの検出結果に従って、温度環境の変化に伴って前記第1の電流量が規定値より増加した場合に、前記最大電流容量から当該第1の電流量を差し引いた電流残容量を上限として前記第2の電流量を制限するように、前記アクチュエータ用モータを駆動制御する手段を有することを特徴とする請求項1に記載のディスク記憶装置。

【請求項3】 前記制御手段は、

温度環境の変化に伴って増加した前記第1の電流量と、前記第2の電流量との合計が前記最大電流容量以下になるように、前記第2の電流量を制限することを特徴とする請求項1または請求項2のいずれか1項に記載のディスク記憶装置。

【請求項4】 周囲温度を検出する温度センサを有し、前記制御手段は、当該温度センサからの検出結果から標準下限温度より低温に変化したことを検知したときに、前記第2の電流量を制限して前記アクチュエータ用モータの速度を許容限度まで低減し、

前記スピンドルモータの定格回転数を維持するために、第1の電流量を最大許容電流量の範囲内で増加させるように制御することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のディスク記憶装置。

【請求項5】 前記制御手段は、

前記標準下限温度より低温に変化したことを検知したときに、低消費電力モードが設定されているか否かを判定し、

当該低消費電力モードが設定されている場合には、前記第2の電流量を制限するように制御し、

当該低消費電力モードが設定されていない場合には、前記第2の電流量を増大させるように制御することを特徴とする請求項1または請求項4のいずれか1項に記載のディスク記憶装置。

【請求項6】 前記スピンドルモータは、流体軸受け式モータであることを特徴とする請求項1から請求項5の

いずれか1項に記載のディスク記憶装置。

【請求項7】 ディスク媒体を回転させるスピンドルモータと、データのリード/ライトを行うためのヘッドを搭載したアクチュエータを駆動させるアクチュエータ用モータとを有するディスク記憶装置に適用するモータ制御方法であって、

前記スピンドルモータに供給されている電流量で、定格回転数を維持するのに必要な第1の電流量の変化を検知するステップと、

10 前記第1の電流量の増加に応じて、前記第1の電流量を含む最大電流容量の範囲内で、前記アクチュエータ用モータの駆動用として供給する第2の電流量を制限するステップとを有することを特徴とするモータ制御方法。

【請求項8】 前記制限ステップは、前記最大電流容量から前記第1の電流量を差し引いた電流残量を上限として前記第2の電流量を制限することを特徴とする請求項7に記載のモータ制御方法。

【請求項9】 ディスク媒体を回転させるスピンドルモータと、データのリード/ライトを行うためのヘッドを搭載したアクチュエータを駆動させるアクチュエータ用モータと、周囲温度を検出する温度センサとを有するディスク記憶装置に適用するモータ制御方法であって、第1の電流量を供給して、定格回転数で前記スピンドルモータを駆動するステップと、

前記温度センサからの検出結果に従って、温度環境が標準下限温度より低温に変化したことを検知するステップと、

前記検知ステップにより低温に変化したときに、前記第2の電流量を低減して前記アクチュエータ用モータの速度を許容限度まで低減するステップとを有することを特徴とするモータ制御方法。

【請求項10】 前記検知ステップにより低温に変化したときに、低消費電力モードの設定時には前記第2の電流量を低減させて、当該低消費電力モードが設定されていない場合には前記第2の電流量を増大させるステップを更に有することを特徴とする請求項7または請求項9のいずれか1項に記載のモータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40 【発明の属する技術分野】本発明は、一般的にはスピンドルモータにより回転されるディスク媒体に対してデータのリード/ライトを実行するディスク記憶装置に関し、特に、低温環境下でのモータ制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的には、ハードディスクドライブを代表とするディスク記憶装置（以下ディスクドライブと称す）は、スピンドルモータにより高速回転されているディスク媒体（以下単にディスクと称す）に対して、ヘッド（磁気ヘッド）によりデータのリード/ライト動作を実行するように構成されている。

【0003】近年、スピンドルモータとして、安定した回転特性を有する流体軸受式モータ（fluid dynamics bearing motor）が採用されている。流体軸受式モータは、回転軸受け部にオイルなどを用いるため、当該オイルの粘度特性に従って消費電力量が変動する特徴を備えている。具体的には、温度環境が低温に変化した場合に、オイルの粘度が大きくなり、定格回転数を維持するためには、相対的に消費電力量（消費電流量）が増大する。

【0004】一方、特に小型のディスクドライブは、ノート型パーソナルコンピュータ、携帯型情報端末（PDA）や、あるいは自動車等に搭載されるデジタル機器などの外部記憶装置として多用されつつある。このため、ディスクドライブの使用環境下における温度範囲が広くなり、低温環境下での使用状況も少なくない。

【0005】このような低温環境下でのディスクドライブの使用を考慮した場合、流体軸受式モータをスピンドルモータとして採用すると、相対的にモータの消費電流量が増大するため、ドライブ全体の最大許容電力（電流）を大きくすることが要求される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】低温環境下での使用を前提として、ディスクドライブを設計する場合に、流体軸受式のスピンドルモータでは消費電流量が増大するため、ドライブ全体の最大許容電力（電流）が大きくなることが問題の一つとして挙げられる。即ち、最大許容電力が大きくなると、電源回路やモータドライバには大容量なものが必要となり、低消費電力化が要求される小型のディスクドライブには不適切である。例えばインダクタを用いて昇圧駆動を行なうモータドライバの場合は、最大電流がインダクタの大きさに影響するため、当該インダクタをプリント回路基板上に実装することが困難であるなどの問題も生じる。

【0007】従来、スピンドルモータでの消費電力の増加を抑制する工夫として、流体軸受部の近傍に温度センサとヒータとを設けて、温度センサにより低温変化を検知すると、ヒータを駆動して発熱させる方法が提案されている（特開平6-4988号公報を参照）。この方法は、低温時に流体軸受として使用されているオイルを温めて、当該オイルの粘度を低下させることにより、相対的に消費電力を低減させる。しかしながら、この先行技術の方法では、スピンドルモータの軸受部の近傍に、温度センサとヒータを設置したり、当該ヒータを制御するための回路が必要となる。このため、モータ周辺の構造が複雑化したり、また回路部品が増大化することにより、高コスト化を招くという問題がある。更に、ヒータにより軸受部のオイルの温度が十分に上昇するまでは待機時間となるため、ディスクドライブの起動準備時間が増加するという問題もある。

【0008】そこで、本発明の目的は、スピンドルモ

ータの周辺温度を上昇させるためのヒータなどの特別の部品や回路を使用することなく、低温環境下でもスピンドルモータを正常に駆動し、かつ消費電力（消費電流）の増大化を抑制できるディスク記憶装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の観点は、特に低温時に消費電力（消費電流量）が相対的に増大する例えば流体軸受式モータを使用するスピンドルモータを備えたディスクドライブにおいて、定格回転数に必要な電流量をスピンドルモータに供給すると共に、モータ全体で消費する消費電力の低減化を実現するモータ制御技術に関する。

【0010】本発明の観点によるディスクドライブは、ディスク媒体を回転させるスピンドルモータ（SPM）と、ディスク媒体上でデータのリード／ライトを行うためのヘッドを搭載したアクチュエータを駆動させるアクチュエータ用モータ（通常ではボイスコイルモータ：VCM）と、第1の電流量を供給して定格回転数でスピンドルモータを駆動するスピンドルモータ駆動手段と、第1の電流量の増加に応じて、アクチュエータ用モータの駆動用として供給する第2の電流量を所定の最大電流容量の範囲内に制限するように制御する制御手段とを備えたものである。

【0011】このような構成により、SPMの消費電流（第1の電流量）を監視し、当該電流量が増大した場合には、ディスクドライブの温度環境が低温状態に変化したことを推定し、VCMの駆動電流（第2の電流量）を低減させる。従って、ドライブの駆動時における最大消費電力が増大することなく、SPMには許容範囲の最大電流を供給させて、定格回転数での駆動を維持することができる。即ち、低温環境下では、ディスク媒体を一定速度で回転させるためのSPMへの電流供給を優先し、ヘッドを搭載したアクチュエータを駆動するためのVCMへの電流供給を抑制する。これにより、ヒータなどの特別の部品や回路を使用することなく、SPMを正常に駆動し、かつドライブ全体の消費電力（消費電流）の増大化を抑制できる。なお、低温環境下でも所定の時間だけSPMが定格回転数で駆動していれば、ディスクドライブ内の温度は上昇し、また暖房等により雰囲気温度が上昇するのが一般的である。このため、電流供給も正常状態に復帰できる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0013】図1は、本実施形態に関するディスクドライブの要部を示すブロック図であり、図2はモータ制御系の構成を説明するためのブロック図である。

【0014】（ディスクドライブの構成）同実施形態のディスクドライブは、磁気記録媒体としてディスク1を

使用するハードディスクドライブを想定している。本ドライブは、ディスク1を回転させるスピンドルモータ（SPM）3として、流体軸受式モータを使用する。回転するディスク1に対しては、磁気ヘッド2によりデータのリード/ライト動作が実行される。磁気ヘッド2は、ボイスコイルモータ（VCM）5により駆動されるアクチュエータ4に搭載されている。磁気ヘッド2は、リード動作を実行するためのリードヘッドと、ライト動作を実行するライトヘッドとがスライダ上に実装された構造である。アクチュエータ4は、CPU10をメイン

要素とするサーボシステムにより駆動制御されて、磁気ヘッド2をディスク1上の目標位置に位置決めする。
【0015】VCM5は、モータドライバIC6に含まれるVCMドライバ60により駆動電流が供給される。モータドライバIC6は、VCMドライバ60と共にSPMDライバ61を含み、CPU10により制御される（図2を参照）。

【0016】このようなヘッド・ディスクアセンブリ以外に、ディスクドライブは、プリアンプ回路7と、R/Wチャネル8と、ディスクコントローラ（HDC）9と、CPU10と、メモリ11とを有する回路系を備えている。

【0017】プリアンプ回路7は、リードヘッドから出力されるリード信号を増幅するリードアンプ及びライトアンプを有する。ライトアンプは、R/Wチャネル8から出力されるライトデータ信号をライト電流信号に変換して、ライトヘッドに送出する。R/Wチャネル8は、リード/ライトデータ信号（サーボデータ信号を含む）を処理する信号処理用ICである。HDC9は、ドライブとホストシステム20（例えばパーソナルコンピュータやデジタル機器）とのインターフェース機能を有する。

【0018】CPU10は、ドライブのメイン制御装置であり、サーボシステムの制御動作、通常のリード/ライト動作制御、及び同実施形態に係るモータ制御を実行する。メモリ11は、フラッシュメモリ、RAM及びROMなどを含み、CPU10の制御に必要な各種データ及びプログラムを保存する。

【0019】更に、本ドライブは、ドライブ内の温度を検出するための温度センサ12を有する。温度センサ12は、一定のサンプリング間隔で温度を検出し、当該温度値をCPU10に出力する。CPU10は、温度センサ12からの検出結果に従って、同実施形態に係る低温状態への温度変動を検知する。

【0020】（モータ制御系の構成）CPU10は、図2に示すように、SPMDライバ61を介してSPM3の駆動制御を実行する。また、CPU10は、VCMドライバ60を介してVCM5の駆動制御を実行する。SPMDライバ61は、CPU10からの制御指令値（制御電流量 I_{ds} ）に従って、SPM3が定格回転数で回

転するように3相駆動電流（U、V、W）を3相コイルに供給する。なお、符号COは、中性電位点である。

【0021】同実施形態では、SPM3の消費電流量（ I_s ）を検出するための電流センサ30が設けられている。CPU10は、当該電流センサ30からの出力によりSPM3の消費電流量（ I_s ）を監視している。CPU10は、後述するように、例えばサーボ割り込み時に、SPM3の消費電流量（ I_s ）を検出して、結果として低温状態への温度変化を推定する機能を有する（図3を参照）。CPU10は、サーボ割り込みにより、ヘッド2によるデータのリード/ライト実行前に、ディスク1上の目標位置（アクセス対象トラック）にヘッド2を位置決め制御するためのサーボ制御を実行する。このサーボ制御では、CPU10は制御指令値（制御電流量 I_{dv} ）により、VCMドライバ60からVCM5への供給電流量を制御する。

【0022】なお、モータドライバ6には、SPM3及びVCM5の最大消費電流量の合計に相当し、ドライブの仕様（最大使用電力）により決定される最大許容電流（ I_{max} ）が供給されている。

【0023】（モータ制御動作）以下図1と図2と共に、図3のフローチャートを参照して、同実施形態のモータ制御動作を説明する。

【0024】ここでは、ディスクドライブは駆動中であり、SPM3は定格回転数で駆動し、ディスク1を回転させている状態を想定する。ホストシステム20からリード/ライトコマンドが発行されると、CPU10は、HDC9を介して当該コマンドを認識し、リード/ライト動作に移行する。

【0025】CPU10は、サーボ割り込みにより、リード/ライト動作の実行前に、ディスク1上の目標位置（アクセス対象トラック）にヘッド2を位置決め制御するためのサーボ制御を実行する。このサーボ割り込み時に、CPU10は、電流センサ30からの検出結果により、SPM3の消費電流量（ I_s ）を検出する（ステップS2）。

【0026】次に、CPU10は、ドライブの仕様により決定されている最大許容電流（ I_{max} ）から、SPM3の消費電流量（ I_s ）を差し引いた電流残容量を算出して、電流マージン（ I_{mg} ）を求める（ステップS2）。即ち、電流マージン（ I_{mg} ）は、SPM3の駆動電流量（ I_s ）を除く、ドライブとして使用可能な駆動電流量を意味する。

【0027】一方、CPU10は、サーボ制御に必要なVCM5の駆動電流量（制御指令値 I_{dv} ）を決定している。この制御指令値（ I_{dv} ）は、ヘッド2をディスク1上の目標位置に位置決めするために、アクチュエータ4を駆動させるVCM5への供給電流量に相当する。CPU10は、当該制御指令値（ I_{dv} ）と、電流マージン（ I_{mg} ）とを比較し、サーボ制御に必要なVCM

5の駆動電流量を確保できるか否かを判定する(ステップS3)。

【0028】電流マージン(Img)がVCM5の駆動電流量を超える場合には、CPU10は、通常におけるサーボ制御を実行する(ステップS3のNO)。即ち、CPU10は、制御指令値IdvをVCMドライバ60に出力して、サーボ制御に必要な駆動電流量をVCM5に供給する。これにより、アクチュエータ4は、規定の速度でディスク1上の半径方向に移動し、ヘッド2をディスク1上の目標位置に位置決めする。

【0029】一方、電流マージン(Img)がVCM5の駆動電流量より少ない場合には、CPU10は、ドライブの温度環境が低温状態に変化し、定格回転数で駆動するSPM3の消費電流量(Is)が規定値より増加していると推定する(ステップS3のYES)。この規定値とは、標準下限温度での定格回転数で駆動可能な基準消費電流量である。

【0030】CPU10は、制御指令値Idvを低減して、VCMドライバ60に出力することにより、VCM5に供給する駆動電流量を低減させる(ステップS4)。これにより、アクチュエータ4は、規定より低速でディスク1上の半径方向に移動し、ヘッド2をディスク1上の目標位置に位置決めすることになる。

【0031】以上のように同実施形態によれば、CPU10は、電流センサ30からの検出結果に基づいて、SPM3の消費電流量(Is)が規定値より増加していることを検知できる。換言すれば、ドライブの温度環境が低温状態に変化し、これに伴ってSPM3の消費電流量(Is)が増大したことを推定できる。

【0032】CPU10は、SPM3を定格回転数で駆動させるために、SPM3への供給電流を優先し、一方でVCM5への供給電流量を低減させる。従って、SPM3の消費電流量(Is)が増大しても、その増加分をVCM5への電流量の低減により、最大許容電流量(Imax)をそのまま維持することができる。これにより、ディスクドライブの使用環境下で低温変化が発生した場合でも、ディスク1を定格回転数で回転させることができる。また、ドライブの仕様により決定されている最大許容電力を維持できるため、特に電源回路やモータドライバ6を大容量にする必要もない。

【0033】なお、VCM5への供給電流が低減するため、ヘッド2のシーク速度が低下するような事態が発生する。しかし、SPM3やVCM5が駆動する状態が所定時間だけ継続すれば、これに伴う発熱によりドライブ内の温度が上昇し、また暖房等により雰囲気温度が上昇するのが一般的である。従って、ドライブ内は通常での標準温度環境になるため、VCM5への供給電流量も元の規定値に復帰させることができる。

【0034】(変形例)図4は、同実施形態の変形例を説明するためのフローチャートである。

【0035】本変形例は、特に低消費電力モードが設定されている場合には、前述したようにSPM3への供給電流を優先するが、消費電力に余裕がある場合には、VCM5への供給電流を増大させるモータ制御に関する。

【0036】一般的に、ホストシステム20がノート型パーソナルコンピュータや、携帯型情報端末の場合には、電源としてバッテリーを使用することが多い。このため、消費電力は制限されるため、通常では、低消費電力モードが設定されている。これに対して、ノート型パーソナルコンピュータの場合でも、AC電源を使用するような場合には、相対的に消費電力に余裕がある。以下、図4のフローチャートを参照して、具体的に説明する。

【0037】例えばディスクドライブの起動時に、CPU10は、温度センサ12からの温度検出値により、ドライブ内の温度環境を判断する(ステップS21)。ドライブ内の温度環境が標準温度の範囲内であれば、CPU10は、通常動作での制御を実行する(ステップS22のNO)。

【0038】CPU10は、ドライブ内の温度環境が標準下限温度より低温であると判断した場合、更にホストシステム20から低消費電力モードが設定されているか否かを判定する(ステップS23)。低消費電力モードが設定されている場合には、CPU10は、前述したように、VCM5に対する電流供給を制限し、SPM3への電流供給を優先して、できるだけ短時間にSPM3を定格回転数で駆動させる(ステップS23のYES、S24)。

【0039】一方、低消費電力モードではなく、例えばAC電源を使用するような場合には、CPU10は、SPM3への電流供給と共に、VCM5に対する供給電流を規定値より増大させる(ステップS23のNO、S25)。具体的には、昇圧などを行いVCMの最大電流(最大シーク速度)を増加させる。あるいは、ホストからの要求が無い場合でもダミーのシーク動作を行なわせる。あるいは、アイドル時にVCMへ最大電流を流し、内周ストッパ又はランプに押し付けVCMを発熱させる。この場合、起動時には、サーボ割り込みが発生しないため、ディスク1の最外周から最内周までの範囲をダミーシークさせる。また、ディスク1の外周側に設けられているランプ部材に対して、アクチュエータ4を押し付ける方向に、VCM5を回転駆動させる。ランプ部材は、ヘッド2の退避場所(parking area)を構成している部材である。

【0040】このようなVCM5及びSPM3の駆動により、ドライブ内は発熱により温度が上昇し、低温状態が標準温度環境に変化させることが可能となる。特に、SPM3への電流供給と共に、VCM5への供給電流の増大により、相対的に短時間でドライブ内の温度環境を低温状態から標準温度状態に変化させることが可能となる。

【0041】なお、同実施形態において、リード/ライト動作中に、低温環境に伴なってSPM3への電流供給を優先させて、VCM5への供給電流を制限する場合、当然ながら、シーク可能な最低限の電流値まで低減させる。

【0042】また、同実施形態では、ハードディスクドライブに適用する場合を想定したが、これに限らず、特に流体軸受式モータを使用するスピンドルモータを用いたものであれば、光ディスクドライブなどにも適用できる。

【0043】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、スピンドルモータの周辺温度を上昇させるためのヒータなどの特別な部品や回路を使用することなく、低温環境下でもスピンドルモータを正常に駆動し、かつ消費電力（消費電流）の増大化を抑制できるディスク記憶装置を提供できる。特に、流体軸受式モータを採用したスピンドルモータを使用するディスクドライブに適用すれば、低温環境下でも安定した性能を確保できるなど有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に関するディスクドライブの

要部を示すブロック図。

【図2】同実施形態に関するモータ制御系の構成を説明するためのブロック図。

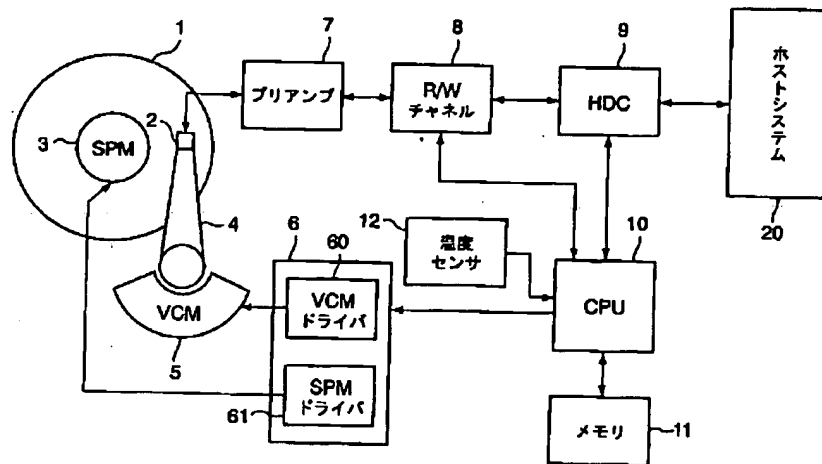
【図3】同実施形態に関するモータ制御動作を説明するためのフローチャート。

【図4】同実施形態の変形例を説明するためのフローチャート。

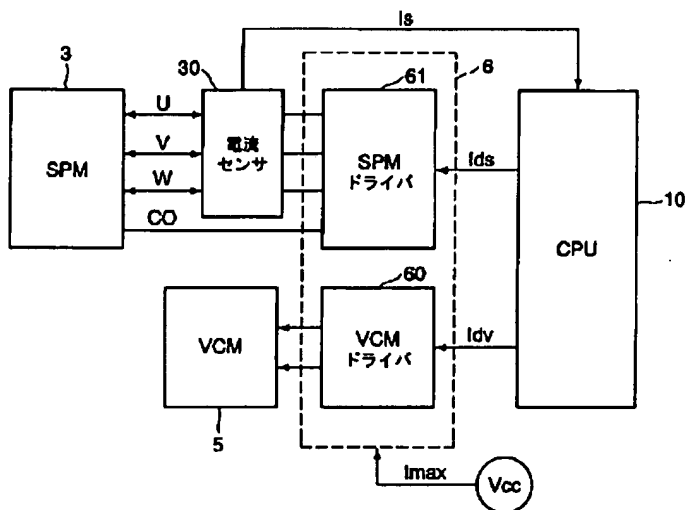
【符号の説明】

- 1…ディスク
- 2…磁気ヘッド
- 3…スピンドルモータ（SPM）
- 4…アクチュエータ
- 5…ボイスコイルモータ（VCM）
- 6…モータドライバIC
- 7…プリアンプ回路
- 8…R/Wチャンネル
- 9…ディスクコントローラ（HDC）
- 10…CPU
- 11…メモリ
- 12…温度センサ
- 20…ホストシステム
- 30…温度センサ

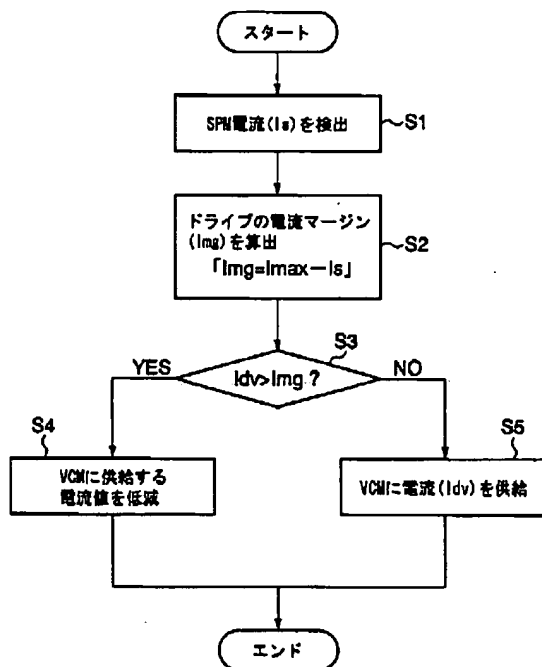
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

